第 37 卷第 19 期
2017 年 10 月
生　态　学　报
ACTA ECOLOGICA SINICA
Vol.37,No.19
Oct.,2017

DOI: 10.5846/stxb201607121426
潘洪义,朱晚秋,崔绿叶,冯茂秋,朱芳.成都市人均生态足迹和人均生态承载力空间分布差异.生态学报,2017,37(19):6335-6345.
Pan H Y,Zhu W Q,Cui L Y,Feng M Q,Zhu F.Spatial differences in per capita ecological footprint and per capita ecological carrying capacity in Chengdu. Acta Ecologica Sinica,2017,37(19):6335-6345.

成都市人均生态足迹和人均生态承载力空间分布差异

潘洪义[1,2,*],朱晚秋[1,2],崔绿叶[1,2],冯茂秋[1,2],朱　芳[1,2]
1 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 成都　610068
2 四川师范大学地理与资源科学学院, 成都　610068

摘要:生态足迹方法是通过比较人类活动消耗的自然资源与自然生态系统所提供的生态承载力,定量的判断区域的可持续发展状态。采用生态足迹模型对 2009—2014 年成都市生态足迹、生态承载力状况进行了测算,并结合空间分析揭示了其空间演化规律。结果表明:(1)2009—2014 年,各区市县人均生态足迹平均值有着逐年下降的趋势,由 2009 年的 2.759hm^2/人下降至 2014 年的 1.937hm^2/人,基本格局呈现出中间低,西南高,两翼居中的分布特征,高水平人均生态足迹集中分布在西南方向的蒲江县、大邑县,邛崃市;(2)2009—2014 年成都市人均承载力呈现出较为稳定且有下降的趋势,由 2009 年的 0.2314hm^2/人下降至 2014 年的 0.2215hm^2/人,其空间分布特征与生态足迹呈现出较好的空间一致性;(3)人均生态亏盈,在时间上表现为逐渐向好,但其本质是趋势为生态赤字愈发严重,空间上呈现出与人均生态承载力情况"高-低,低-高"相反分布的特征,分布呈扩散型,即由中部的五城区向四周扩散,除五城区外,其余地区在研究期间内都为赤字,最严重区域集中在西南方向的蒲江县,最高达到-9.3189hm^2/人,亟需建立有效的生态足迹调控和补充机制。

关键词:人均生态足迹;人均生态承载力;人均生态亏盈;区市县;成都市

Spatial differences in per capita ecological footprint and per capita ecological carrying capacity in Chengdu

PAN Hongyi[1,2,*],ZHU Wanqiu[1,2],CUI Lvye[1,2],FENG Maoqiu[1,2],ZHU Fang[1,2]
1 *Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu* 610068, *China*
2 *Geography and Resources Science College, Chengdu* 610068, *China*

Abstract: By comparing the natural resources consumed by human activities and the ecological carrying capacity of natural ecosystems, the ecological footprint method was employed to quantitatively estimate the status of regional sustainable development. Through the calculation of the ecological footprint and ecological carrying capacity, regional resource and energy consumption could be transformed into a certain amount of land for production of resources. If demand, based on the ecological footprint, was greater than the ecosystem carrying capacity the region could provide, it was deemed an ecological deficit area. In these areas, the pressure on land resource production was great and the ecosystems were less stable. Conversely, if demand, based on the ecological footprint, was less than the ecological carrying capacity of the region, it was an ecological surplus area. These areas exhibited reasonable regional land use, with sustainable use of land resources. In this study, the ecological footprint model was used to investigate ecological footprints, ecological carrying capacity, and ecological surplus and deficit, and ArcGIS was used to conduct spatial analyses to determine the relationship among these areas in Chengdu from 2009 to 2014. Using spatial evolution law analysis, the results showed the following: (1) overall, the spatial pattern of the per capita ecological footprints was relatively stable, and the change was not severe. There was

基金项目:国家自然科学基金(41371125);四川省教育厅项目(16ZB0061)
收稿日期:2016-07-12;　　**网络出版日期:**2017-05-27

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: panhongyi80@163.com

strong variation among regions with high- and low-level areas. The per capita ecological footprint decreased annually, from 2.759 hm^2/cap to 1.937 hm^2/cap. Because agricultural products are numerous in Chengdu, the per capita ecological footprint was the most affected by the ecological footprint caused by cultivated land. The basic distribution pattern characteristics were low in the middle region, high in the southwest, and medium in the two side areas. For example, low-level per capita ecological footprints were found in the five urban districts. High-levels per capita ecological footprints were found in Pujiang, Dayi, and Qionglai. Medium per capita ecological footprints were distributed in the two side areas, including Dujiangyan, Jintang, and Pengzhou, among others. These areas reflected the average level of ecological footprints in Chengdu, which was approximately 3.53 hm^2/cap. (2) The per capita ecological carrying capacity of Chengdu was relatively stable and presented a downward trend, from 0.2314 hm^2/cap to 0.2215 hm^2/cap, from 2009 to 2014. Having the most stringent farmland protection system, the per capita ecological carrying capacity was relatively stable. Low-level per capita ecological carrying capacity areas were the five urban districts, among others. The high-level per capita ecological carrying capacity areas were Pujiang, Dayi, and Qionglai. The spatial distribution characteristics of the per capita ecological footprint and per capita ecological carrying capacity were positively correlated. (3) The per capita ecological surplus and deficit of this area exhibited improving trends with time. But in fact, the developing trend in ecological deficits was becoming increasingly serious, which was opposite to that of the ecological carrying capacity distribution. The per capita ecological surplus and deficit distribution was dispersed in the five urban districts. During the study period, the rest areas were deficit and the most serious areas were concentrated in Pujiang which located in the southwest and the maximum was −9.3189 hm^2/cap. It was suggested that effective regulation of ecological footprints and complementary mechanisms were needed in the future.

Key Words: per capita ecological footprint; per capita ecological carrying capacity; per capita ecological surplus and deficit; city (county, region); Chengdu City

生态足迹方法作为定量测度区域可持续发展状态的方法之一,最早由生态经济学家 Rees[1] 于 1992 年提出,其动态变化与区域社会经济发展密切相关,是衡量人类对自然资源利用程度以及可持续发展状况的重要方法[2-4]。生态足迹概念于 1999 年[5]引入我国,徐中民、张志强等首先在国内运用生态足迹理论撰写了科研价值较高的论文[6-9]。近年来众多学者对生态足迹的研究主要体现在 3 个方面,一是结合其他模型[10-11]进行研究或是对生态足迹模型进行改进[12-14],向书坚[12]等针对产量因子调整、生态赤字与生态盈余指标与生态足迹实物量特性方面不足以及其实践应用中局限,分别构建生产足迹、污染物排放足迹、贸易足迹计算方法、生态可持续指数;方恺[14]基于改进的生态足迹的三维模型利用 11 个国家的数据,通过细致追踪各地类载体上的流量资本与存量资本变化,克服了地类间赤字转移问题;周涛[15]等在分析基本模型存在的主要缺陷和争论的基础上,重点解析了近年来生态足迹模型在参数调整、项目计算、账户扩展等方面的演变和修正,并基于投入产出分析,三维模型,净初级生产力,能值理论,时序分析等的方法改进。二是扩展生态足迹在其他领域的应用[16-19],谢文瑄[4]等对城市扩张模式与生态足迹的关系进行了研究;章锦河等基于生态足迹法与旅游者的生态消费及结构特征,提出旅游生态足迹的概念,并构建了 6 个旅游生态足迹计算子模型。三是运用生态足迹模型测算不同尺度区域的可持续发展问题[20-25],如李炳意[23]以新型城镇化进程中晋城市为研究对象,测算其生态足迹,在一定程度上丰富了城市生态安全研究案例,为经济发展转型中的资源型城市可持续发展提供决策依据。;Jia He[25]等基于能值生态足迹和数据包络分析江苏省生态效益,并提出可持续性发展建议。综合学者的已有研究成果,大多是针对大省域尺度区域进行静态或动态时间序列的研究,然而生态足迹方法已经在不同地域的空间尺度上,不论是全球尺度、国家尺度、还是特定区域范围,都展示了良好的普适性[26-27],但从城市辖区内的各区市县出发,分析时间和空间上两个维度生态足迹的文献鲜有出现,尤其是从空间角度来研究区域内部的动态变化以及空间动态差异的相对较少。

成都市作为西部特大中心城市,是西部交通枢纽,不管从战略地位还是经济地位上来说都处于十分重要的位置,其对周边地区具有较全面的辐射带动作用。2015 年“一带一路”经济战略提出后,成都市作为“南丝绸之路”的起点城市,“北丝绸之路”货源供应地,现已成为连接丝绸之路经济带和孟中印缅经济走廊和长江经济带的关键节点。而伴随各项经济指标的迅速增长,成都市的资源消耗量也日益增加,生态压力巨大,可持续发展面临威胁,缓解生态压力,是现今刻不容缓的任务。多数学者对成都市的生态足迹研究往往以成都市作为一个整体进行研究,可能会抹杀各区市县空间上的差异,给后续成果应用带来一定困难,且指导意义不大。因此,本文选择成都市各区市县作为研究对象,对其 2009—2014 年的人均生态足迹、人均生态承载力和人均生态亏盈进行测算,并利用 ArcGIS 对测算结果进行可视化表达,从空间上揭示其动态差异,阐明成都市内部资源耗损情况,以期对成都市各区市县正确处理人口、资源、环境三者之间的可持续关系与制定相关政策提供科学依据。

1　研究区概况

成都市简称“蓉”,四川省省会,位于四川省中部,四川盆地西部,地跨 102°54′—104°53′E、30°05′—31°26′N,全市地势差异显著,西北高,东南低。冬湿冷,夏热,无霜期长,四季分明,年均温 16°C,良好的气候条件为成都市的农业生产经营创造了十分有利的条件。全市东西长 192km,南北宽 166km,总面积 12390km^2,其中耕地面积 432000hm^2,森林覆盖率 36.8%。辖区包含 19 个区市县,2014 年年末全市总人口 12107363 人,人口自然增长率 4.66‰。

2　数据来源与研究方法

2.1　数据来源

依据资料的可获得性与现势性等条件,研究数据主要来源于 2009—2014 年成都市各区市县土地利用现状数据,《成都统计年鉴(2010—2015)》。特别指出,锦江区、青羊区、金牛区、武侯区、成华区 5 个主城区的消费水平、类型相似,因此将五城区合并计算;其次计算消费量时,复杂的贸易会使数据产生很大偏差[24],故本文为统一计算口径,将生物资源账户内各产品的消费量用产量来近似替代[28]。

2.2　生态足迹方法

生态足迹亦可谓“生态占用”,其基本定义为:任何已知人口(一个个人、一个区域)的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产性土地的总面积和水资源总量[29-31]。生态承载力是指区域实际提供给人类的所有生物生产性土地面积(包括水域)的总和[32]。生态足迹方法主要是将区域资源和能源消费转化为可供这些物质生产所需的土地面积,通过计算比较生态足迹需求与生态承载力,如果区域内生态足迹需求超过了区域所能提供的生态承载力,则为生态赤字,表示区域土地生产压力负荷大,生态系统不稳定;反之,如果生态足迹需求小于区域的生态承载力,则为生态盈余,表示区域土地利用合理,土地资源可持续利用。人均生态足迹计算公式为:

$$ef = \sum_{j}^{6} \left(\sum \frac{C_i}{P_i \times N} \times E_j \right) \tag{1}$$

式中,i 为消费商品和投入类型,j 为土地利用类型,C_i为第 i 种消费品的年消费量,P_i为第 i 种消费品全球年平均生产能力,E_j为第 j 种土地的均衡因子,N 为参与消费的人口数,ef 为人均生态足迹。

人均生态承载力计算公式为:

$$ec = \sum_{j}^{6} (A_j/N \times Y_j \times E_j) \tag{2}$$

式中,j 为土地利用类型,A_j为某一国家或地区某类生物生产性土地面积,Y_j为产量因子,E_j为第 j 种土地的均衡因子,N 为人口数,ec 为人均可用生态系统承载力。

结合成都市的具体生产与消费情况,建立生态足迹账户选取的指标有:稻谷、小麦、油菜籽、蔬菜、猪肉、禽

蛋、水果、牛羊肉、牛奶、水产品、焦炭、汽油、柴油、液化气、天然气、电力。此外为了使计算结果进一步精确，减少误差，本文在采用杨屹等[28]利用13个年份的均衡因子平均值的基础上，结合四川省农用地综合生产能力调查与评价成果，将成都市耕地、草地、林地、水域、建设用地、化石燃料的均衡因子分别确定为2.34，1.64，0.48，0.32，1.64，2.34，对应的产量因子分别为1.66，0.91，0.19，1.00，1.40，1.66。

3 结果与分析

3.1 人均生态足迹分析

3.1.1 人均生态足迹时间动态分析

将成都市作为一个整体，计算2009—2014年各地类人均生态足迹，其在时间轴向上的演变规律如下(图1)。

由图1可知，成都市人均生态足迹整体呈现出下降趋势，并受耕地生态足迹影响较大，由2009年2.759 hm^2/人下降至2014年的1.937hm^2/人。整体走势与耕地人均生态足迹基本一致，其主要原因是由于研究区作为四川省综合条件最佳的区域，农产品较为丰富，所产生的生态足迹较高。人均生态足迹在2013年出现了明显的拐点，主要原因是在这一时期猪肉价格低迷连带牛羊肉价格保持低位运行，导致养殖户积极性急剧下降，从而致使肉类产量明显下降所致。另外，在2012年10月1日起，成都市实行机动车号牌限行政策，对化石能源的消耗下降起到了一定的作用。

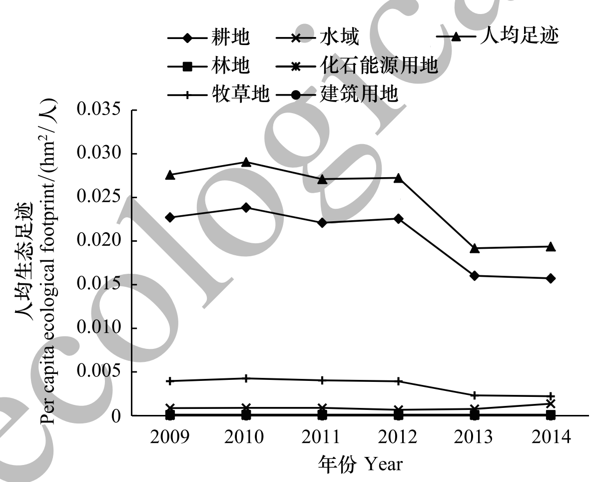


图1 2009—2014年成都市人均生态足迹时间演变规律

Fig. 1 Temporal evolution law of the per capita ecological footprint of Chengdu in 2009—2014

3.1.2 人均生态足迹空间格局与动态演变分析

通过对成都市各区市县2009—2014年人均生态足迹在SPSS中通过两步聚类法，进行聚类分析，聚类的标准分别为1.95、2.63、3.53、5.30、9.76hm^2/人，将研究区域划分为低水平、较低水平、中等水平、较高水平和高水平5种类型。

由图2可知，成都市2009—2014年人均生态足迹在空间演变上，体现出以下特征：

(1)人均生态足迹空间格局呈现出中间低，西南高，两翼居中的分布特征

以成都市五城区为中心的一圈层区市县中，温江区、郫县、新都区、青白江区和龙泉驿区属于生态足迹低和较低区域，其生态足迹保持在2.63hm^2/人以下。其主要原因是这些地区在近年来的发展定位为成都市主城区的卫星城市，其主导产业为第二和第三产业，其农产品产量普遍偏低，主要依赖周边县区外来输入。而作为生态足迹最高的蒲江县、大邑县以及相对较高的新津县和崇州市，恰好为成都市第三圈层所在的区域，其人均生态足迹在5.30hm^2/人左右，这些地区耕地资源丰富且普遍质量较高，是成都市农产品主要供给地，其二三产业发展较为缓慢。处于中间水平的都江堰市、彭州市、金堂县和双流县为成都市第二圈层的区市县，可以反映出成都市目前所处生态足迹的平均水平，基本在3.53hm^2/人左右，面临着经济发展和耕地保护的双重任务。

(2)人均生态足迹空间格局较为稳定，变动幅度不大

从2009—2014年，五城区一直隶属于生态足迹低水平；新都区和青白江区隶属于生态足迹较低水平；都江堰、彭州市、金堂县和双流县隶属于生态足迹中水平；崇州市和新津县隶属于生态足迹较高水平；一直隶属于生态足迹高水平的为邛崃市与蒲江县。在6年间生态足迹水平未发生变化区市县为11个，占总量的73.33%。这表明成都市在研究区内发展战略保持稳定，各区市县的分工未发生明显改变。

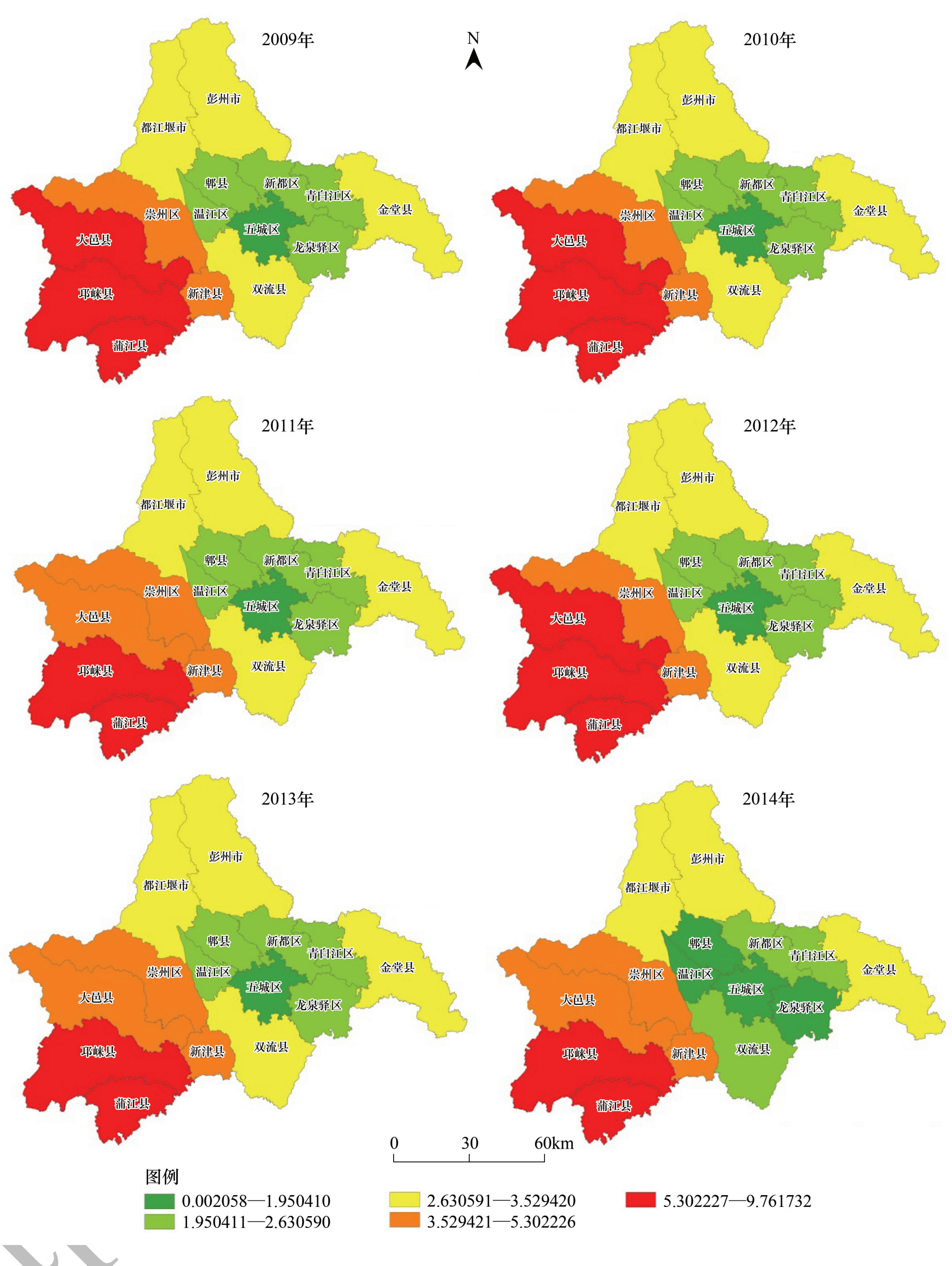


图 2　2009—2014 年各区市县人均生态足迹空间分布图

Fig.2　Spatial distribution of the per capita ecological footprint of each city (county, region) in 2009—2014

(3)人均生态足迹格局变化剧烈区主要集中在高水平和低水平两个区域

高水平变化主要集中在大邑县,主要是 2011 年、2013 和 2014 年,由高水平下降为较高水平,其主要原因是大邑县在生态足迹高水平的县市区中,其地貌类型相对复杂,丘陵区的面积比例相对较大,农产品稳定生产能力相对较弱,加之近年来第二三产业发展较为迅速,其农产品产量有下降的趋势。低水平演变主要表现在 2014 年的温江区、郫县和龙泉驿区由较低水平降至低水平。温江区近年来的主导产业由传统的种植粮食作物逐渐转型至生产花卉苗木,形成了农产品产量逐年下降的局面;郫县耕地资源较为丰富,但其发展定位承接成都市企业的转移,第二、三产业逐步壮大,致使农产品产量下降;龙泉驿区其乡村旅游业和观光农业较为发

达,粮食播种面积有了较大的下滑,是导致生态足迹水平下降的主要原因。

3.2 人均生态承载力与人均生态亏盈分析

3.2.1 人均生态承载力与人均生态亏盈时间动态分析

根据生态承载力模型并扣除12%用于生物多样性维持的部分[32],计算出2009—2014年的人均生态承载力,再将人均生态承载力与人均生态足迹数值相减,可计算人均生态亏盈情况。

由图3和图4可知,2009—2014年成都市人均承载力呈现出较为稳定且有下降的趋势,而人均生态亏盈主要表现为亏损状态,但总体趋势向好。人均承载力稳定主要是由于我国实行了最为严格的耕地保护制度,耕地面积虽然逐年减少,但减少速度逐步变缓。随着城市化进程不断的推进,建设用地不可避免的占用耕地,虽然建设用地的承载能力有所提升,但整体效果并不明显。

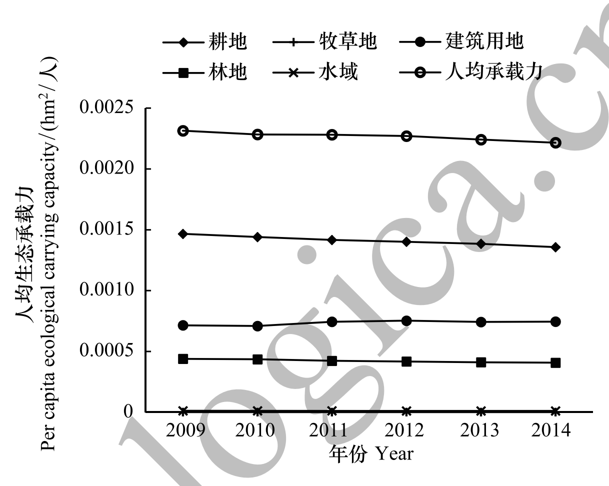


图3 2009—2014年成都市人均承载力时间演变规律

Fig. 3 Temporal evolution law of the per capita ecological carrying capacity of Chengdu in 2009—2014

而人均生态亏盈情况有所好转的原因,并非是人均承载力提高所致,而是人均生态足迹计算中基于农产品生产量代替消费量的假设条件而导致。由表1可知,自2009年以来,成都市人均消费水平相对较为稳定。随着生活水平的不断提高,人们的饮食结构发生了一定的改变,对粮食的消费量有所下降。但对其他肉蛋奶的需求量有所增加,对生态环境的影响在上升。因此,在人均生态承载力、人均消费总量相对稳定,第一营养级食品比重下降,而第二、三营养级食品比重不断上升的背景下,其本质趋势为人均生态赤字情况愈发严峻。

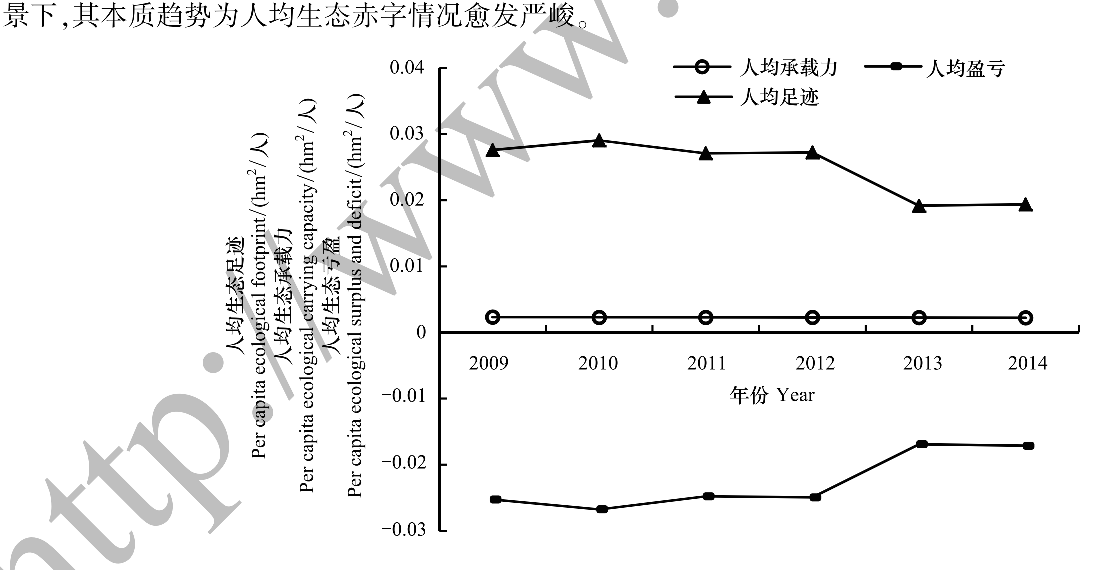


图4 2009—2014年成都市人均生态足迹、人均生态承载力和人均生态亏盈时间演变规律

Fig.4 Temporal evolution law of the per capita ecological footprint, the per capita ecological carrying capacity and the per capita ecological surplus and deficit of Chengdu in 2009—2014

3.2.2 人均生态承载力与人均生态亏盈空间格局与动态分析

对2009年—2014年各区市县人均承载力和人均生态亏盈情况,在SPSS中通过两步聚类法,进行聚类分析,聚类的标准分别为0.22、0.25、0.29、0.36、0.45hm²/人;-1.71、-2.29、-3.16、-5.01、-9.32hm²/人。

表 1　2009—2014 年成都市主要农产品人均消费水平

Table 1　The annual consumer level of main agricultural products from 2009 to 2014 in Chengdu City

人均消费量 Consumption per capita/(kg/人)	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
粮食 Grain	258.64	196.53	241.73	221.93	198.76	209.34
食用植物油 Edible vegetable oil	14.41	12.68	11.29	10.62	11.53	11.16
鲜菜 Fresh vegetable	140.77	140.1	134.12	131.95	128.22	120.35
猪肉 Pork	30.73	30.27	29.91	29.42	31.89	32.06
禽蛋 Poultry egg	10.94	10.24	10.21	10.83	11.29	11.56
水果 Fruit	30.79	30.94	33.64	40.04	40.43	40.71
牛羊肉 Beef and mutton	2.06	3.55	3.62	3.05	4.53	5.66
牛奶 Milk	21.37	21.57	22.54	23.81	24.2	25.29
水产品 Aquatic products	12.61	49.14	12.58	11.77	54.68	51.11
总计 Total	522.32	495.02	499.64	483.42	505.52	507.24

由图 5、图 6 可知,成都市 2009—2014 年人均生态承载力与人均生态亏盈空间格局与动态演变呈现出如下特点:

(1)人均承载力与人均生态亏盈空间呈现上“高-低,低-高”分布

人均承载力较高的区域主要稳定分布在成都市西南方向的大邑县、邛崃和蒲江县,而这些区域恰好是生态亏损最大的地区,高达-5.01 hm^2/人以上;低生态承载力主要分布在成都市中部一圈层的五城区、温江区、新都区、青白江区和龙泉驿区,这些区域在人均生态亏盈方面表现为亏损情况较轻或略有盈余。人均承载力与人均生态亏盈呈现出了,“高-低,中-中,低-高”相互错落的基本格局。其原因主要是由于五城区城市化程度极高,农产品主要靠外部供给,而一圈层其他区市县二三产业发展迅速,第一产业中粮食作物比重下降较大的原因所致。

(2)人均承载力格局演化相对剧烈,人均生态亏盈格局相对稳定

2009—2014 年成都市人均承载力演化相对剧烈的区域主要为:高水平、较高水平、较低水平和低水平区域。具体而言,邛崃市在承载力在高水平和较高水平之间反复波动,并有逐渐下降的趋势;而在较低水平和低水平之间的演化中,表现出温江区、新都区演变为低水平区域,而五城区在较低水平和低水平间摆动不定。总体而言,人均承载力向着更低水平演化,而人均生态亏盈格局在稳定中逐渐在亏损方向中徘徊。主要由于近年来,城市化发展占用了大量的优质耕地,且人民的生活水平日益提高,成都市资源输出型区市县供给量增长,无法适应其他输入型区市县需求量增长的步伐。

4　结论与建议

4.1　结论

通过计算研究 2009—2014 年成都市各区市县的人均生态足迹、人均生态承载力和人均生态亏盈在时间和空间上的动态变化,对于 6 种生态生产性土地利用类型对人均生态足迹、人均生态承载力的贡献,与区市县的农用地生产能力和经济发展水平的具体情况基本吻合。

(1)在时间演化规律上,人均生态足迹有回落趋势,人均生态承载力较为稳定,且有下降趋势,生态赤字有所好转,但本质上有加重趋势

2009—2014 年人均生态足迹为逐年下降,共下降 0.8222hm^2/人,其中 2013 与 2014 年有明显回落,共回落 0.7863hm^2/人。然而,这种下降并非代表在成都市对自然需求的下降,属于不可持续的下降趋势。人均承载力的逐年下降,6 年间共计下降 0.0099hm^2/人;人均生态承载力下降速度远比不上人均生态足迹下降速度的综合作用下,生态赤字有所好转,但成都市生态赤字在本质上越发扩大的趋势。

(2)就空间格局与演变上而言,人均生态足迹与人均承载力呈空间一致性,与人均生态亏盈分布情况相

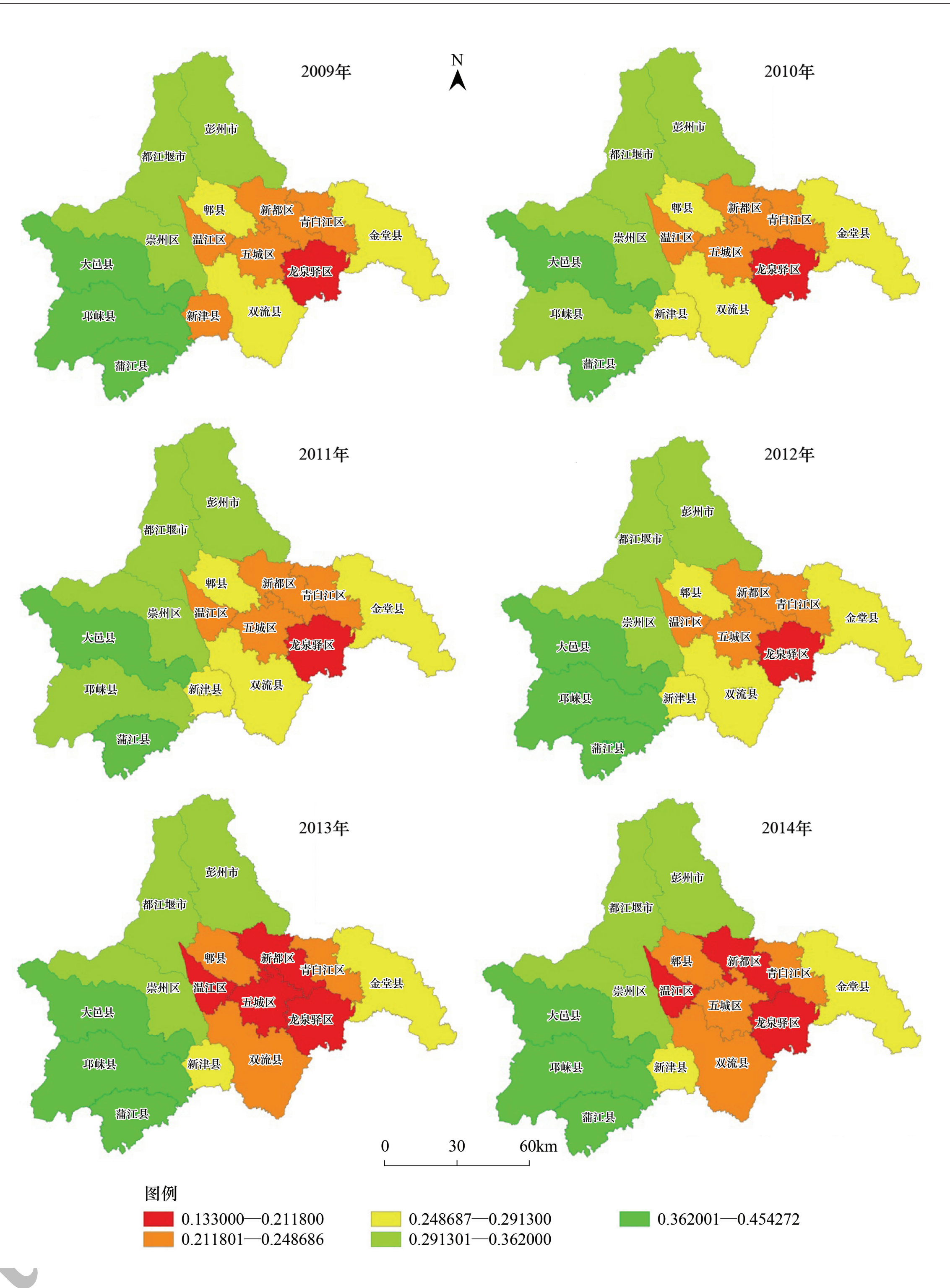


图 5 2009—2014 各区市县人均生态承载力空间分布图

Fig.5 Spatial distribution of the per capita ecological carrying capacity of each city (county, region) in 2009—2014

反,人均生态足迹与人均承载力演变相对剧烈,人均生态亏盈相对稳定

人均生态足迹与人均生态承载力均出现了“中间低,西南高,两翼居中”的空间格局,其分布状态基本呈现出与成都市经济圈层相反的特征,即由第一圈层向着二三圈层逐步变高。人均生态足迹反映的是单位个体在人类活动过程中对自然环境的需求量,而人均生态承载力则反映的是自然界能够为人类活动提供此种诉求的能力。经济越发达,人们对自然界的需求量则越高,然而由于需求量等于产量的假设的影响,使人均生态足

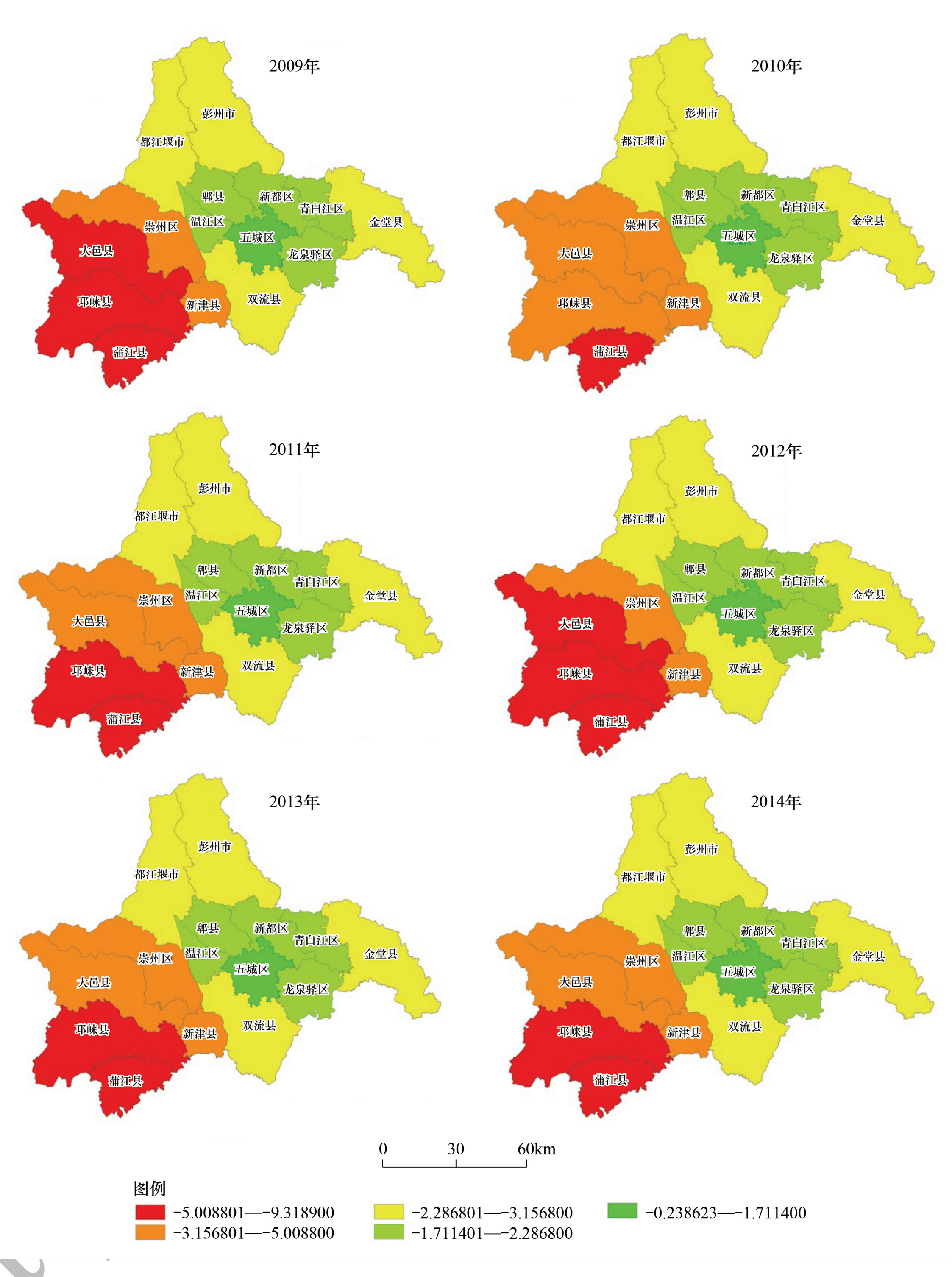


图 6　2009—2014 年各区市县人均生态亏盈空间分布图

Fig.6　Spatial distribution of the per capita ecological surplus and deficit of each city (county, region) in 2009—2014

迹的规律与现实情况有失偏颇,承载力则较好的反映出经济欠发达地区自然供给能力则更强,表明地处成都平原的各区市县生态足迹主要受耕地农产品的影响。从空间演变上,主要发生在高水平和低水平两态区域,并表现为高水平人均生态足迹与人均生态承载力的区域逐步缩小,低水平的范围逐渐扩大,受两者的综合作用,使人均生态亏盈的空间格局相对较为稳定。

(3)研究区域分为生态资源输入与输出区域且圈层现象明显,生态足迹亟待调控

通过对成都市 2009—2014 年生态足迹时空演化进行分析,成都市生态足迹可以明显的分为生态资源输

入和输出两个区域。两个区域的形成是由成都市各区市县的功能定位决定,生态资源输入区域为五城区、温江区、郫县、新都区、青白江区、龙泉驿区,而邛崃市、大邑县、崇州市、新津县和蒲江县,且都江堰市、彭州市、金堂县和双流县大有变为资源输入区域的趋势。就成都市本身而言,两大区域人均生态足迹形成了一定的互补关系,然而无法实现市域内的平衡。因此,建立合理的生态足迹调控机制,控制生态赤字进一步发展的迫切性越发明显。

4.2 建议

本文在计算人均生态足迹时,在无法获取消费数据,同时借鉴其他学者经验的基础上,以产量代替消费量计算的方式得出的计算结果致使研究结果产生生态足迹有下降的趋势。在本文计算过程中采用的为第二次土地调查数据,给数据的时间跨度带来了一定的限制。在进行后的研究中,应该结合问卷调查获取更为准确的消费数据,使生态足迹的计算更为准确,并结合遥感数据将研究时间跨度延长,以期得到更为符合研究区的生态足迹时空演变规律。通过研究发现,建立合理的生态补偿机制,实施生态输入型区域对生态输出区域进行合理的生态补偿,促进输出区域的发展,最终实现成都市不同圈层的统筹发展模式的建立亟待解决。

参考文献(References):

[1] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.

[2] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁, 郑度. 中国的生态空间占用研究. 资源科学, 2001, 23(6): 20-23.

[3] 王文国, 何明雄, 潘科, 祝其丽, 周芸, 樊毅, 胡启春. 四川省水资源生态足迹与生态承载力的时空分析. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1555-1565.

[4] 谢文瑄, 黄庆旭, 何春阳. 山东半岛城市扩展模式与生态足迹的关系. 生态学报, 2017, 37(3): 969-978.

[5] 安宝晟, 程国栋. 西藏生态足迹与承载力动态分析. 生态学报, 2014, 34(4): 1002-1009.

[6] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型. 生态经济, 2000, (10): 8-10.

[7] 张志强, 徐中民, 程国栋, 陈东景. 中国西部12省(区市)的生态足迹. 地理学报, 2001, 56(5): 599-610.

[8] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省1998年生态足迹计算与分析. 地理学报, 2000, 55(5): 607-616.

[9] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法: 可持续性定量研究的新方法——以张掖地区1995年的生态足迹计算为例. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493.

[10] 张勃, 刘秀丽. 基于ARIMA模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例. 生态学报, 2011, 31(20): 6251-6260.

[11] 张远索, 张占录, 孟斌, 朱海勇. 北京市人地关系现状及预测——基于生态足迹和GM模型的分析. 城市问题, 2011, (5): 34-39.

[12] 向书坚, 柴士改. 生态足迹若干不足、修正与完善以及应用拓展. 资源科学, 2013, 35(5): 1051-1058.

[13] Toth G, Szigeti C. The historical ecological footprint: from over-population to over-consumption. Ecological Indicators, 2016, 60: 283-291.

[14] 方恺. 基于改进生态足迹三维模型的自然资本利用特征分析——选取11个国家为数据源. 生态学报, 2015, 35(11): 3766-3777.

[15] 周涛, 王云鹏, 龚健周, 王芳, 冯艳芬. 生态足迹的模型修正与方法改进评述. 生态学报, 2015, 35(14): 4592-4603.

[16] 郭慧文, 严力蛟. 城市发展指数和生态足迹在直辖市可持续发展评估中的应用. 生态学报, 2016, 36(14): 4288-4297.

[17] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析. 地理学报, 2004, 59(5): 763-771.

[18] 张丹, 成升魁, 高利伟, 曹晓昌, 刘晓洁, 刘尧, 白军飞, 喻闻. 城市餐饮业食物浪费的生态足迹——以北京市为例. 资源科学, 2016, 38(1): 10-18.

[19] 杨青, 逯承鹏, 周锋, 耿勇, 景红双, 任婉侠, 薛冰. 基于能值-生态足迹模型的东北老工业基地生态安全评价——以辽宁省为例. 应用生态学报, 2016, 27(5): 1594-1602.

[20] Begum R A, Pereira J J, Jaafar A H, Al-Amin A Q. An empirical assessment of ecological footprint calculations for Malaysia. Resources, Conservation and Recycling, 2009, 53(10): 582-587.

[21] 吴涛. 安徽省生态足迹与可持续发展研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2014.

[22] 周静, 管卫华. 基于生态足迹方法的南京可持续发展研究. 生态学报, 2012, 32(20): 6471-6480.

[23] 李炳意, 师学义. 基于生态足迹的资源型城市可持续发展能力分析——以山西省晋城市为例. 水土保持研究, 2016, 23(2): 255-261.

[24] 钟陆演. 基于生态足迹改进模型的乌鲁木齐市土地资源可持续利用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2009.

[25] He J, Wan Y, Feng L, Ai J Y, Wang Y. An integrated data envelopment analysis and emergy-based ecological footprint methodology in evaluating sustainable development, a case study of Jiangsu Province, China. Ecological Indicators, 2016, 70: 23-34.

[26] Li G J, Wang Q, Gu X W, Liu J X, Ding Y, Liang G Y. Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus. Ecological Indicators, 2008, 8(1): 75-78.

[27] Kissinger M, Gottlieb D. Place oriented ecological footprint analysis-the case of Israel's grain supply. Ecological Economics, 2010, 69(8): 1639-1645.

[28] 杨屹, 加涛. 21 世纪以来陕西生态足迹和承载力变化. 生态学报, 2015, 35(24): 7987-7997.

[29] Rees W, Wackernagel M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16(4/6): 223-248.

[30] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Linares A C, Falfán I S L, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375-390.

[31] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Callejas L A, López Falfán I S, Méndez García J, Suárez Guerrero A I, Suárez Guerrero M G. Ecological footprints of nations // Commissioned by the Earth Council for the Rio+5 Forum. Toronto: International Council for Local Environmental Initiatives, 1997: 4-12.

[32] 田玲玲, 罗静, 董莹, 刘和涛, 曾菊新. 湖北省生态足迹和生态承载力时空动态研究. 长江流域资源与环境, 2016, 25(2): 316-325.